

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：82111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25850015

研究課題名(和文) 安定同位体自然存在比を用いた小麦の炭水化物蓄積機構の解明

研究課題名(英文) Estimation of the contribution of water soluble carbohydrate storage to wheat leaves and stems using natural abundances of stable carbon isotopes

研究代表者

下田 星児 (SHIMODA, Seiji)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・北海道農業研究センター・大規模畑作研究領域・上級研究員

研究者番号：80425587

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、北海道の秋まき小麦について、気象と作物の特性の関係を把握するために、地域気象の解析と作物栽培試験に取り組んだ。メッシュ気象データを用いた所、道東をオホーツク地方(北)と十勝地方(南)に分けると、高温による小麦の収量低下が十勝地方特有の現象で、日照時間の長いオホーツク地域では、温度依存性低下することが分かった。また、葉身の自然炭素安定同位体比と可溶性炭水化物の分析から、'きたほなみ'は'ゆめちから'より炭素の取込量が大きいことが分かった。

研究成果の概要(英文)：Major climatic drivers of winter wheat yield were air temperature during grain-filling period in Tokachi region, and sunshine duration during grain-filling period in Okhotsk, Hokkaido. The regional difference in sensitivity of yield to air temperature is attributed to variations in sunshine duration during grain-filling period. This relationship between regional climate and crop yield analysis can demonstrate the mechanisms by which changes in regional climatic traits affect winter wheat yield. Field experiment used 'Kitahonami' and 'Yumehikara' as Tokachi and Okhotsk typical cultivars of winter wheat in Hokkaido, Japan. Natural stable isotope of carbon ($\delta^{13}\text{C}$) of leaf were relatively lower in 'Kitahonami' than 'Yumehikara'.

研究分野：農業生態

キーワード：小麦 地域気象 炭素安定同位体比 可溶性炭水化物 北海道 フェーン 日照時間 きたほなみ

1. 研究開始当初の背景

北海道の小麦生産量は、全国の約6割に当たり、そのうち4割を占めるのが十勝地方である。近年、十勝地方に位置する北海道農業研究センター芽室研究拠点のデータから、登熟期間の高温は小麦の減収要因であることを明らかにした。申請者は予備的解析を行い、道東をオホーツク地方(北)と十勝地方(南)に分けると、高温による収量低下は十勝地方特有の現象である可能性がある。栽培試験から、同様の気象応答が得られるか調査する必要がある。水稻では、高温と日照不足が重なる場合に、登熟不良が起こる。申請者は、水稻で高温や乾燥が光合成へ及ぼす影響(Shimoda, 2011)やその品種特性(Shimoda, 2012)を調べたが、登熟期前の茎・葉の蓄積栄養が高温耐性・収量へ大きく影響していた。小麦は、止葉期以降に重点を置く施肥が可能のため、水稻以上に施肥による炭水化物蓄積の改善が予想される。更に、品種による施肥応答の違いが明らかにすれば、高温による減収対策の発展が見込まれる。水田輪作地帯で小麦が生産される本州や北海道西部では、小麦の減収の主要因は多雨による湿害であるため、高温影響は見逃され、国内では研究が進んでいない。国外では高温と乾燥が重なる想定の研究例が多く、湿潤環境下で高温と日照不足の複合影響を調べた例は無い。

2. 研究の目的

本研究では、北海道の秋まき小麦について、気象 - 作物の生理特性を結びつけるため、地域気象の解析と作物栽培試験に取り組む。特に、小麦の出穂後の炭水化物動態に着目し、葉の可溶性炭水化物(WSC)中の炭素安定同位体比(^{13}C)から炭水化物の蓄積機構特性を明らかにする。

3. 研究の方法

- (1) まず、気象データから、気象要素に対する小麦収量応答の地域差について明らかにし、気象要素に対する生理特性を推定する。気象データは、1 km メッシュ気象データを用いた。
- (2) WSC の評価を行う。3 反復の試験を行い、慣行の施肥と、施肥水準を変化させた体系の区を設定し、出穂後に定期的にサンプリングを行い、WSC の評価を行った。また、2013 年から群落上にネットを張ることで遮光条件を作り、遮光に伴う WSC の変化について調査した。
- (3) 北海道の主要小麦品種である「きたほなみ」「ゆめちから」において出穂期の ^{13}C を比較した。

4. 研究成果

- (1) 気温は小麦収量を決める大きな要素だが、高温だけが北海道の小麦収量を制限する要因ではない。収量に対して有意な相関を示す気象要素は、十勝地域では6月下旬～7月

中旬の気温(図1左上)、オホーツク地域では6月下旬～7月中旬の日照時間と日射量であった(図1右下)。日照時間4.5時間以下の場合、温度上昇に伴う減収が見られない(図2)。

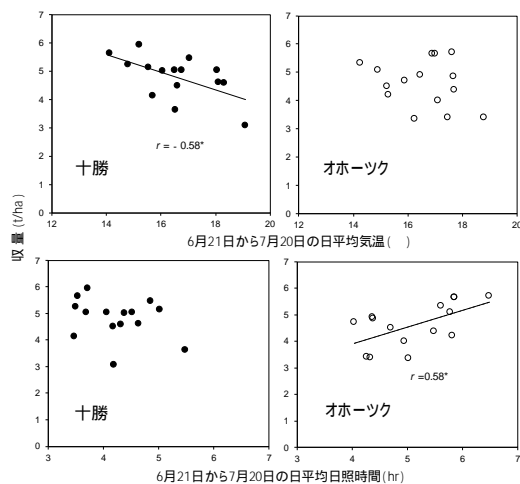


図1. 1997～2011年における十勝地方の6月21日から7月20日の平均気温に対する小麦収量

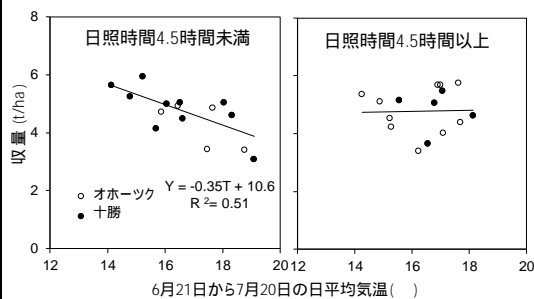


図2. 日照時間4.5時間を閾値とした1997～2011年における十勝地方の6月21日から7月20日の平均気温に対する小麦収量(十勝・オホーツクの2地域合わせたデータを回帰したデータ)

十勝地域は、風向による日照時間の変化は無く、高温は登熟期間の短縮を伴うため、強い減収要因となる。登熟期間は、オホーツク地域では、晴天日が多い「オホーツクブルー」が登熟期間の天候を支配するが、十勝地域では「十勝グレー」ともいえる日照時間の短い日々が続くのが平均的な気象であり、地域差が生じる原因となったと考えられる(図3)。十勝地域は、太平洋高気圧が強く南風が卓越する場合に、太平洋から暖かく湿った空気が流入するが、オホーツク地域は、大雪山 - 雌阿寒岳ラインで雲が遮られ、日照時間が長くなる。気温は上昇しても、日照時間の増加による同化産物増加で補完され、収量が増加すると考えられる。

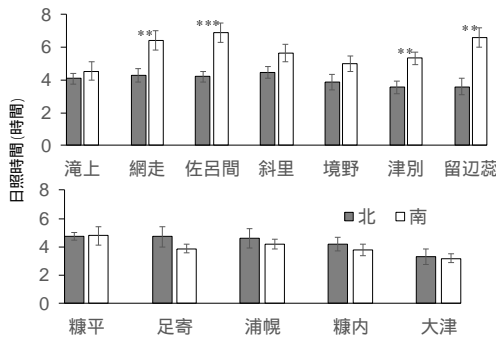


図 3. アメダス地点の 10 日間最多風向が北・南向きの場合の日照時間に与える影響(上はオホーツク地域、下は十勝地域、**は 1%有意、***は 0.1%有意)

(2) 処理区 3 反復で施肥のタイミングを 5 種類設けた試験を行った品種間の収量構成要素には明瞭な差があり、'きたほなみ'は'ゆめちから'に比べ穂数が多く、収量が多く(図 4)、千粒重は小さく、タンパク含量は小さくなった。これは、今までの他研究の知見と一致する結果である。WSC は、'きたほなみ'の方が'ゆめちから'より大きいことが分かった。一般に穂数が多い品種では WSC が低くなる傾向にあるが、'きたほなみ'は穂数が多くて WSC が大きい傾向にあった。'きたほなみ'の多収特性は、この WSC の高さに由来する可能性がある。遮光処理による収量の変動傾向は、年により異なった。2013 年と 2014 年は遮光を行った区で収量が減少したが、2015 年では遮光を行った方が、収量が有意に増加する区もあった。今後、遮光に対する収量応答に年変動が生じる原因について明らかにする必要がある。

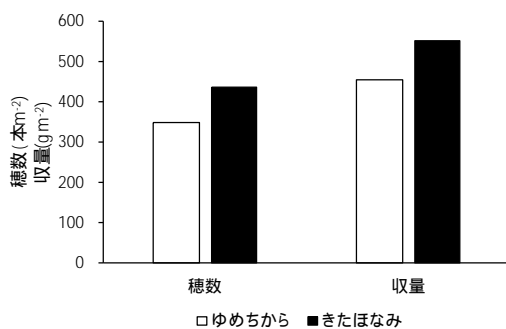


図 4. 試験で得られた北海道の主要品種 'きたほなみ' と 'ゆめちから' の平均穂数・平均収量の比較

(3) 葉身の自然炭素安定同位体比 (^{13}C) は、'ゆめちから' (-25.4%) より 'きたほなみ' において、(-25.8%) で値が低くなった。相対的には、'きたほなみ' の炭素同位体分別が 'ゆめちから' より大きく、炭素の取込み量が多いと評価できる。 ^{13}C から、'きたほなみ' において、多収となる要素が見出された。

以上のように、本課題から、北海道の小麦の気象応答特性が地域特有の気象特性により変化することが明らかになり、品種では'きたほなみ'において、炭素の取込み量が多いことを明らかにした。気象データの解析年以後も北海道の小麦収量は大きく増減している。本課題で得られた気象変動に伴う収量変化という知見は、最新の収量動向と矛盾しない。この課題で得た知見の普遍性は、実際の現場の収量変動により証明されてゆく。今後は、研究成果の社会への還元に向けて、栽培環境や栽培方法の改良の観点から本成果を見直すことで、新たな提案が可能と思われる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 6 件)

下田星児・濱寄孝弘・廣田知良・菅野洋光・西尾善太, 小麦収量を変動させる気象要素は十勝とオホーツクで異なる, 北農, 査読無, Vol. 83, 2016. pp. 158-162.

下田星児, 気象変動に対応した秋まき小麦の栽培, 北海道土壌肥料研究通信, 査読無, Vol. 62, 2016. pp. 28-33.

Shimoda Seiji, Yazaki Tomotsugu, Nishio Zenta, Hamasaki Takahiro and Hirota Tomoyoshi, Possible soil frost control by snow compaction on winter wheat fields. Journal of Agricultural Meteorology, 査読有, Vol. 71, 2015, pp. 276-281.

https://www.jstage.jst.go.jp/article/agrmet/71/4/71_D-15-00001/_article/Shimoda_Seiji, Hamasaki Takahiro, Hirota Tomoyoshi, Kanno Hiromitsu and Nishio Zenta, Sensitivity of wheat yield to temperature changes with regional sunlight characteristics in eastern Hokkaido. International Journal of Climatology, 査読有, Vol. 35, 2015, pp. 4176-4185. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.4276/abstract>

下田星児・小南靖弘, 登熟期の気象要素から見た十勝地域の平成 27 年産小麦の多収要因, 北海道の農業気象, 査読無, Vol.67, 2015. pp. 4-6.

下田星児, 最近の道東における春から夏の気象の特徴と小麦などへの影響, あぐりぼーと, 査読無, Vol. 108, 2014. pp. 15.

[学会発表](計 4 件)

下田星児・濱寄孝弘・伊藤美環子, 小麦品種きたほなみとゆめちからの水溶性炭水化物蓄積特性, 日本農業気象学会全国大会, 岡山大学(岡山県岡山市), 2016 年 3 月 16 日.

下田星児・菅野洋光・廣田知良・濱寄孝弘, 小麦と他作物の収量に影響を与える

道東の気象要素，日本農業気象学会北海道支部大会，大雪クリスタルホール（北海道旭川市），2015年12月7日。

Shimoda Seiji, Hamasaki Takahiro, Hirota Tomoyoshi, Kanno Hiromitsu and Nishio Zenta, Sensitivity of wheat yield to temperature changes with regional sunlight characteristics, The International Symposium on Agricultural Meteorology (ISAM2015), 文科省研究交流センター（茨城県つくば市）2015年3月19日。

下田星児・杉川陽一・岡崎圭毅，秋まき小麦の遮光が炭水化物蓄積に与える影響，日本農業気象学会北海道支部大会，北農ビル(北海道札幌市)，2014年12月5日。

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

アウトリーチ活動

下田星児，小麦生産は高温影響を受ける？北海道は気象応答の最前線，日本農業気象学会シンポジウム「北の農業は温暖化にどう向き合っているか？」，北海道大学(北海道札幌市)，2014年3月19日。

6. 研究組織

(1)研究代表者

下田 星児 (SHIMODA Seiji)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター大規模畑作研究領域・上級研究員

研究者番号：80425587